

BEST AVAILABLE COPY

⑥1

Cl.:

B 29 c, 17/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑤2

Deutsche Kl.: 39 a2, 17/00

⑩

## Offenlegungsschrift 2108 774

⑪

Aktenzeichen: P 21 08 774.1

⑫

Anmeldetag: 24. Februar 1971

⑬

Offenlegungstag: 9. September 1971

Ausstellungsriorität: —

⑭ Unionspriorität

⑮ Datum: 25. Februar 1970

⑯ Land: Schweiz

⑰ Aktenzeichen: 2527-70

⑲ Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Hohlkörpern aus Kunststoffen

⑳ Zusatz zu: —

㉑ Ausscheidung aus: —

㉒ Anmelder: Hench jun., Hans, 8750 Aschaffenburg

Vertreter: —

㉓ Als Erfinder benannt. Erfinder ist der Anmelder

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

2108 774

ORIGINAL INSPECTED

2108774

Véfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Hohlkörpern  
aus Kunststoffen

**Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern aus Kunststoffen mit verbesserten Eigenschaften und verbesserter Ausbeute bei der Herstellung dieser Hohlkörper, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.**

Es ist bekannt, verschiedene physikalische Eigenschaften von Fasern, Folien und auch Rohren, insbesondere ihre Festigkeitseigenschaften durch Verstrecken bei erhöhter Temperatur zu verbessern.

Die Verstreckung kann dabei sowohl in monoaxialer Richtung - insbesondere bei Fasern, Mono- und Multifilen - als auch insbesondere bei Folien in biaxialen Richtungen durchgeführt werden.

Diese Herstellung von verstreckten Fasern und Folien aus thermoplastischen Kunststoffen hat in der Zwischenzeit sehr große technische und wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

In den letzten Jahren sind auch vereinzelte Versuche bekannt geworden, die biaxiale Verstreckung auch auf die Herstellung von Hohlkörpern aus Kunststoffen mit verbesserten Eigenschaften anzuwenden. Diese Herstellung von biaxial verstreckten Hohlkörpern konnte aber bis heute nicht zu einer breiten Anwendung gebracht werden.

Bekanntlich wird die Verstreckung von thermoplastischen Hochpolymeren im Temperaturbereich ihrer Thermoelastizität durchgeführt.

In diesem relativ breiten Temperaturbereich der Thermoelastizität von Hochpolymeren durchläuft die sogenannte Gummielastizität ein Maximum. Größe und Breite dieses Maximums hängen von der chemischen Zusammensetzung des thermoplastischen Kunststoffes ab, sowie vom kristallinen oder amorphen Zustand der Thermoplaste.

Es hat sich gezeigt, daß die Verstreckung bzw. Dehnung von thermoplastischen Kunststoffen aber auch außerhalb des thermoelastischen Maximums möglich ist. Gelegentlich wird auch von Verstrecken gesprochen, wenn die Verkürzung bzw. Dehnung bei Temperaturen durchgeführt wird, die außerhalb des thermoelastischen Bereichs liegen:

- a) bei Temperaturen unterhalb des thermoelastischen Bereiches spricht man dann von Kaltverstreckungen;
- b) bei Dehnung oberhalb des thermoelastischen Bereiches spricht man nur gelegentlich vom Strecken, insbesondere nur dann, wenn hohe Dehngeschwindigkeiten in definierten Ausmaßen angewendet werden.

Alle diese Streckvorgänge, insbesondere die, die im thermoelastischen Bereich und hier wiederum im gummielastischen Maximum durchgeführt werden, haben eine Verbesserung der physikalischen Eigenschaften, insbesondere der mechanischen Eigenschaften zur Folge.

Streckvorgänge außerhalb des thermoelastischen Bereiches sind allerdings, sowohl in der Durchführbarkeit als auch ganz besonders in bezug auf die Qualität der dabei hergestellten Produkte, sehr problematisch.

Alle bisher bekannt gewordenen Verfahren zur Herstellung von verstreckten Folien, Rohren und Hohlkörpern beschreiben zwar nun die Temperaturbereiche der Thermoelastizität, in welchen die Verstreckung dieser Halbzeuge grundsätzlich und mit Vorteil möglich ist, gehen jedoch ohne Ausnahme von der Forderung aus, daß die Temperatur, bei welcher die Verstreckung innerhalb dieser beanspruchten Temperaturbereiche durchgeführt wird, während des Verstrekungsvorgangs genau eingehalten werden.

Von den bisher bekannten Anwendungsfällen der biaxialen Verstreckung von Halbzeugen und insbesondere auch aus den bisher bekannten Patentveröffentlichungen ist es als die notwendige Voraussetzung für die Durchführbarkeit des

**Verstreckungsvorganges** bekannt geworden, daß die Arbeitstemperaturen der zu verstreckenden Halbzeuge über ihre Geometrien konstant und gleichmäßig eingehalten werden müssen. Im allgemeinen wird eine Gleichmäßigkeit der Temperatur gefordert, welche bei ca.  $1^{\circ}$  bis ganz wenige  $^{\circ}\text{C}$  liegt.

Es gibt eine Vielzahl von Patentveröffentlichungen, welche diese Temperaturkonstanz fordern und ausdrücklich bestätigen.

An Hand von **wenigen Beispielen** soll dies gezeigt werden:

- I. Die deutsche Offenlegungsschrift 1 504 226 der Farbwerke Hoechst AG beschreibt ein Verfahren zur "Herstellung von allseitig verstreckten Schlauchfolien aus Vinylchloridpolymeren".

In der Anmeldung wird ein Temperaturbereich für die Verstreckung beansprucht, welcher zwischen dem Erweichungspunkt des PVC's von ca.  $30^{\circ}\text{C}$  und einem Bereich bis  $80^{\circ}\text{C}$  darüber, vorzugsweise zwischen 80 und  $130^{\circ}\text{C}$  liegt.

Aus den Beispielen 1, 2 und 3 dieser Offenlegungsschritt geht jedoch hervor, daß bei der Durchführung des Verfahrens jeweils exakte Temperaturen von  $60^{\circ}\text{C}$  bzw.  $120^{\circ}\text{C}$  bzw.  $90^{\circ}\text{C}$  angewendet wurden.

- II. Die englische Patentschrift 930 323 der Farbwerke Hoechst beansprucht die mechanische Verfestigung von Rohren aus PVC durch Verstrecken im Temperaturbereich zwischen 50 und  $130^{\circ}\text{C}$  bzw., vorzugsweise zwischen 50 und  $85^{\circ}\text{C}$ .

In den Ausführungsbeispielen 1 und 2 werden jedoch wieder exakte Arbeitstemperaturen von  $130^{\circ}$  bzw.  $90^{\circ}\text{C}$  genannt.

- III. Entsprechende Forderungen sind auch in Patentveröffentlichungen zur Herstellung von mechanisch vergüteten Hohlkörpern enthalten, z. B. in der holländischen Patentschrift 6508 801. Während hier beispielsweise ein Temperaturbereich für die Ausformung von Polystyrol-Vorformlingen von

110 bis 140°C beansprucht wird, zeigt das aufgeführte Beispiel in Tabelle 3, daß ganz exakte Kerntemperaturen von 121°C für die Herstellung biaxial verstrecker Hohlkörper aus Normalpolystyrol bzw. 110°C für die Herstellung entsprechender Hohlkörper aus modifiziertem Polystyrol angewendet wurden (dieses Beispiel ist sehr kompliziert und könnte im Prinzip auch weggelassen werden).

Bereits in der Tabelle 1 wird eine Kerntemperatur für die Ausformung eines bereits biaxial orientierten Vorformlings von exakt 124°C beschrieben, während die beiden Beispiele in Tabelle 2, welche die Herstellung biaxial orientierter Vorformlinge durch Torsion während des Spritzvorganges beschreiben, sogar Kunststofftemperaturen angeben, welche auf 10tel°C genau eingestellt sind.

IV. Die englische Patentschrift 1 147 118, welche die biaxiale Herstellung von Hohlkörpern aus Vinylchloridpolymeren beschreibt, beansprucht einen Temperaturbereich von 140 bis 90°C, vorzugsweise von 130 bis 100°C. Auch sie gibt in den jeweiligen Beispielen exakte Arbeitstemperaturen für die Verstreckung an, nämlich in den Beispielen 1 bis 5 jeweils die Temperaturen 100, 110, 120, 95 und 110°C.

V. Eine eindeutige Aussage geht insbesondere aus der englischen Patentschrift 1 037 115 hervor, in welcher nicht nur sehr schmale Temperaturbereiche für die Verstreckbarkeit von Kunststoffen zu Hohlkörpern genannt werden, sondern auch gefordert wird, daß die Temperaturen während des Streckvorganges innerhalb einer Mindesttoleranz liegen müssen, welche  $\pm$  3 bis 5°C nicht überschreiten dürfen.

In Punkt 1, Seite 2, dieser Patentschrift wird noch deutlicher gefordert, daß die Verstreckung des gespritzten Vorformlings bei einer bestimmten Temperatur durchgeführt werden muß und daß die Vorformlinge eine im wesentlichen konstante Temperaturverteilung besitzen müssen. Es wird weiter ausgeführt, daß die Temperaturlösung des Vorformlings kritisch

ist und daß sie unter Umständen nicht einmal durch das kontinuierliche Extrudieren eines Schlauches, was ohnehin bei konstanten Temperaturen erfolgt, eingehalten werden kann.

Trotz dieser vielfältigen technologischen Anstrengungen auf dem Gebiet der Herstellung von biaxial verstreckten Hohlkörpern aus thermoplastischen Kunststoffen und trotz der Einhaltung von sehr exakten Arbeitstemperaturen, wie sie bereits von den bekannten Verfahren der kontinuierlichen und biaxialen Verstreckung von Folien und Rohren übernommen wurden, konnte die Herstellung von durch biaxiale Verstreckung mechanisch vergüteten Hohlkörpern bis heute technisch und wirtschaftlich nicht realisiert werden.

Aus diesem Grunde sind bis heute keine Fälle eines wirtschaftlichen Einsatzes solcher biaxial verstreckter Flaschen und Behälter in der Praxis bekannt geworden.

Der entscheidende Grund hierfür liegt in der geringen Ausbeute, mit welcher diese Hohlkörper bei ihrer Herstellung durch Verstreckung erhalten werden und somit in der mangelnden Wirtschaftlichkeit der bisherigen Herstellungsverfahren.

Es hat sich gezeigt, daß ein wirtschaftlicher Wettbewerb mit dem konventionellen Herstellungsverfahren von Hohlkörpern und Flaschen nur dann gegeben ist, wenn auch bei den Verfahren zur Herstellung von verstreckten Hohlkörpern Ausbeuten erreicht werden, welche in der Größenordnung von 100 % liegen.

Dies ist verständlich, wenn man weiß, daß sowohl die Investitionskosten für die Anlagen zur Herstellung von biaxial verstreckten Hohlkörpern höher, als auch die Ausstoßleistungen auf Grund der komplizierten Technologie des Verfahrens aber geringer sind gegenüber den bisher bekannten klassischen Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern und Flaschen.

Entgegen den bisherigen Erkenntnissen und technologisch selbstverständlichen Forderungen auf konstante Arbeitstemperaturen bei der biaxialen

2103774

**Verstreckung**, wurde nun überraschend gefunden, daß die Ausbeute bei der Herstellung von biaxial verstreckten Flaschen und Hohlkörpern ganz entscheidend verbessert werden kann, wenn die Verstreckung nicht bei einer exakten und einheitlichen Arbeitstemperatur des Vorformlings durchgeführt wird, sondern wenn der durch ein geeignetes Verfahren, z. B. durch Pressen, Gießen oder Spritzen hergestellte Vorformling während seiner Verstreckung ein Temperaturgefälle über seine Gestalt, beispielsweise über seine Länge besitzt.

Ganz überraschend wurde gefunden, daß bei einem Temperaturgefälle  $\Delta T$  entlang des Profils des Vorformlings in Abhängigkeit von seiner Gestalt und Größe von mindestens  $6$  bis  $10^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise von mindestens  $10$  bis  $15^{\circ}\text{C}$ , die Ausbeute bei der Herstellung biaxial verstreckter Hohlkörper ganz deutlich und entscheidend erhöht werden kann.

Im allgemeinen wurden bei der biaxialen Ausformung von Hohlkörpern unter Temperaturbedingungen des thermoelastischen Bereichs bei verschiedenen thermoplastischen Kunststoffen dann 100%ige Ausbeuten erreicht, wenn die Temperaturgefälle  $\Delta T$  entlang des zu verstreckenden Vorformlings  $15$  bis  $20^{\circ}\text{C}$  betragen (s. in diesem Zusammenhang Beispiel 1 und Abb. 1 mit den dazugehörigen Diagrammen 1 und 2).

Es wurde aber auch gefunden, daß die optimalen Werte der Temperaturgefälle, bei welchen 100%ige Ausbeuten bei der biaxialen Ausformung der Vorformlinge zu Hohlkörpern erhalten werden, in gewissen Grenzen von der Art des zu verstreckenden Kunststoffs und von der geometrischen Form und Wandstärke des Vorformlings und der Flasche bzw. des Hohlkörpers abhängen.

Beispielsweise wurde gefunden, daß der optimale Temperaturbereich für die erfindungsgemäße Ausformung zu Hohlkörpern und Flaschen unterschiedlich ist, je nachdem ob es sich um amorphe, teilkristalline oder um kristalline Kunststoffe handelt.

Während bei **amorphen Kunststoffen**, wie Polystyrol, ABS, PVC u. a. die optimalen Bereiche  $\Delta T$  bei ~ 10 bis 20°C liegen, wurden für teilkristalline Kunststoffe optimale Temperaturbereiche  $\Delta T$  von ca. 10 bis 15°C und für sehr stark kristalline Kunststoffe solche von 6 bis 10°C gefunden (s. Beispiel 3).

Weiterhin konnte ein gewisser Zusammenhang gefunden werden zwischen dem erfundungsgemäßen optimalen Temperaturbereich entlang des zu verstreckenden Vorformlings und seiner absoluten optimalen Recktemperatur.

Bei **amorphen Kunststoffen** liegt der optimale Temperaturbereich  $\Delta T$  entlang des zu verstreckenden Vorformlings bei mindestens 10 % seiner absoluten, im allgemeinen besonders geeigneten Verstreckungstemperatur in °C.

Für **teilkristalline Kunststoffe**, wie Polyester, Polycarbonat, liegen diese optimalen Temperaturbereiche  $\Delta T$  bei mindestens 7,5 % und bei hochkristallinen Kunststoffen, wie den Polyolefinen, Polyoxymethylenen u. a., bei mindestens 5 % ihrer im allgemeinen besonders gut geeigneten Verstreckungstemperatur. (s. Beispiel 3)

Es wurde bei der Anwendung der erfundungsgemäßen Erkenntnisse beobachtet, daß beim biaxialen Ausformen von auf Recktemperaturen gebrachten Vorformlingen mit den erfundungsgemäß ausgeprägten Temperaturgefällen entlang der Vorformlinge die Ausformungsvorgänge sehr regelmäßig und stabil verlaufen, so daß sehr hohe Ausbeuten erhalten werden. Die Ausformung beginnt dabei üblicherweise an einem Ende des Vorformlings mit der Bildung einer symmetrischen, regelmäßigen und kugelförmigen Blase, um dann kontinuierlich entlang des Vorformlings weiterzulaufen bis zur kompletten Ausformung zum einwandfreien Hohlkörper. Durch diese erfundungsgemäße Technik ähnelt der Prozeß weitgehend der Technologie der kontinuierlichen Verstreckung von Folien, Fasern und Rohren, welche sich durch ihre Kontinuität und besondere Stabilität auszeichnet.

**Die Verstreckung von Vorformlingen zu Hohlkörpern entsprechend dem bisherigen Stand der Technik verläuft dagegen in sich ganz anders.** Werden Vorformlinge zum Zwecke der biaxialen Verstreckung entsprechend dem bisherigen Stand der Technik auf exakte Recktemperaturen gebracht und ausgeformt, so kann beobachtet werden, daß diese Vorformlinge ohne Temperaturgefälle eine oder mehrere Reckblasen im allgemeinen bilden, und zwar an einer oder mehreren Stellen des Vorformlings.

Diese Reckblasen bilden sich dann vollkommen unkontrollierbar an beliebigen Stellen des Vorformlings, beispielsweise an einer oberen, unteren oder seitlichen Hälfte des Vorformlings und meistens nicht an einem seiner Enden, so daß im Verlaufe der fortschreitenden Blasenbildung keine symmetrische und regelmäßig fortschreitende Ausformung möglich ist, sondern nur eine geometrisch unregelmäßige, welche zu einem mißgebildeten Hohlkörper führt. Durch diese asymmetrische Ausformung kommt es zu örtlichen Überdehnungen, so daß der Vorformling bereits während der Ausformung platzt und nur teilweise eingesetzt wird. Bei dieser Technologie des bisherigen Standes der Technik bleibt die diskontinuierliche, relativ instabile Verstreckung der Hohlkörper und damit verbunden die relativ schlechte Ausbeute an einwandfrei ausgeformten und verstreckten Hohlkörpern erhalten - im Gegensatz zum erfindungsgemäßen Vorschlag.

Die Einstellung eines Temperaturgefälles entlang des zu verstreckenden Vorformlings ist keineswegs die einzige erfindungsgemäße, vorteilhafte Erkenntnis zur Durchführung des Herstellungsverfahrens für biaxial verstreckte Hohlkörper mit hohen Ausbeuten und verbesserten Eigenschaften.

Im allgemeinen ist es im Sinne der Erfindung von Vorteil, wenn das Temperaturgefälle am Vorformling so eingestellt wird, daß die Temperaturen, insgesamt gesehen, vom Boden des Vorformlings iellend zu seiner Mündung eingestellt sind. In solchen Fällen ist die Bildung einer Blase während der Verstreckung am Boden des Vorformlings und ihre Auszehrung in die Mündungsrichtung entlang des Vorformlings von besonderer Vorteil (s. Beispiel 5 mit Abb. 2).

Weiterhin konnte im Speziellen beobachtet werden, daß das Temperaturgefälle am Vorformling sowohl linear zu seiner Länge eingestellt werden kann, als auch mit besonderem Vorteil nichtlinear mit zunehmender Steigung gegen ein Ende des Vorformlings (s. Diagramm 1 in Abb. 1).

Bei nichtlinearem Verlauf des Temperaturgefälles gegen die Bodenzone des Vorformlings läßt sich die Blasenbildung am Boden des Vorformlings besonders gut einleiten und stabil und symmetrisch weiterleiten.

Bei geometrisch einfachen Vorformlingen mit weitgehend linearer Wanddickenzunahme über die Länge dieser Vorformlinge hat es sich gezeigt, daß es im allgemeinen zur Erzielung der erfundungsgemäßen Vorteile schon genügt, ein in etwa zum Wanddickenverlauf paralleles Temperaturgefälle mit in etwa gleicher Neigung einzustellen.

In solchen Fällen genügt zur Erzielung des erwünschten Temperaturgefälles für die Temperierung des Vorformlings in manchen Fällen bereits die Anwendung einer einzigen Kühlflüssigkeit mit konstanter Temperatur, bei entsprechender oder gegebener Auslegung der Spritz-Kühlform.

Bei der Verstreckung von Vorformlingen mit komplizierter Geometrie und nichtlinearem Wanddickenverlauf über die Länge des zu verstreckenden Vorformlings ist jedoch die Anwendung einer einzigen Kühlflüssigkeit mit konstanter Temperatur nicht mehr mit Vorteil möglich, da dadurch an den Vorformlingen bereits wieder so große Temperaturgefälle in ihren einzelnen Bereichen entstehen, welche die Ausbeuten an einwandfreien Ausformungen zu Flaschen und Hohlkörpern wiederum einschränken oder sogar ganz verhindern. Arbeitet man mit Temperaturunterschieden am zu verstreckenden Vorformling, welche zwar noch innerhalb des thermoelastischen Bereiches des zu verstreckenden Kunststoffs liegen, andererseits aber bereits bei Werten, welche bestimmte Höchstwerte der erfundungsgemäßen Temperaturdifferenzen am Vorformling deutlich überschreiten, so können diese Vorformlinge nicht mehr ausgeformt werden bzw. es tritt eine deutliche Reduzierung der Ausbeute an einwandfrei aufgeblasenen und ausgetrockneten Flaschen ein. Die Vorformlinge platzen

entweder vor dem endgültigen Ausformen - oft an den starken Stellen ihrer Wand - oder sie werden mangelhaft ausgeformt - oft an den dünnen Stellen ihrer Wand.

Im allgemeinen werden die erfindungsgemäßen und optimalen Temperaturdifferenzen am Vorformling bereits überschritten, wenn die Temperaturgefälle am zu verstreckenden Vorformling den Betrag von ca.  $\Delta T = 25$  bis  $30^{\circ}\text{C}$  überschreiten. Die erfindungsgemäße Grenze des optimalen Bereiches des Temperaturgefälles am zu verstreckenden Vorformling ist andererseits je nach Charakter des zu verstreckenden Kunststoffs sehr scharf ausgeprägt. Nach Überschreiten dieser Grenze fällt die Ausbeute an einwandfrei ausgeformten Flaschen und Hohlkörpern meist sehr abrupt ab (s. Diagramm 2).

Bei der Anwendung einer einzigen Kühlflüssigkeit mit konstanter Temperatur bei Vorformlingen komplizierter Gestalt und unlinearer Wanddickenverteilung über die Länge des Vorformlings wurden diese Erkenntnisse gefunden und bestätigt. In solchen Fällen wurden in Abhängigkeit von Größe und Gestalt entsprechender Vorformlinge Temperaturunterschiede nach der Temperierung gemessen, welche in den einzelnen Bereichen dieser Vorformlinge die Werte von  $\Delta T = 25$  und  $30^{\circ}\text{C}$  überstiegen.

In diesen Fällen des unlinearen und unterschiedlichen Wanddickenverlaufes und insbesondere der komplizierten Gestalt bei zu verstreckenden Vorformlingen hat sich in ausgezeichnetem Maße die Anwendung von Kühl- und/oder Temperierformen mit Zwei- oder Mehrkammersystemen bewährt. Beispielsweise können Spritzwerkzeuge mit Mehrkammerkühlsystemen eingesetzt werden, welche mit Kühlmedien oder Kühlflüssigkeiten unterschiedlicher, aber spezifischer Temperaturen beschickt werden können. Die absoluten Temperaturen dieser Kühlflüssigkeiten sind dann entsprechend den Erfordernissen der einzelnen Zonen des Vorformlings entsprechend eingestellt und abgestimmt.

Im allgemeinen können dann dabei die Kühlzonen des Vorformlings mit erhöhten Dicken mit Temperiermedien oder Temperierflüssigkeiten niedrigerer Temperaturen beschickt, die Zonen des Vorformlings mit geringeren Dicken mit Flüssigkeiten höherer Temperatur, während die Zonen mittlerer Wanddicken mit Flüssigkeiten mittlerer Temperatur temperiert werden (s. Beispiel 6 mit Abb. 3).

Je nach Ausmaß und Größenordnung der Dickenunterschiede im Vorformling kann zur Erzielung einer gewünschten Temperaturcharakteristik am Vorformling das Temperaturprogramm der verschiedenen Temperiermedien oder -flüssigkeiten auch mit Hilfe der Mehrkammerkühlssysteme beliebig geändert oder eingestellt werden.

Diese Mehrkammerkühlssysteme, beispielsweise an Spritzwerkzeugen, konnten jedoch nicht nur mit Vorteil angewendet werden für die Temperierung von in ihrem Wanddickenverlauf unsteten Vorformlingen mit Zonen unterschiedlicher Wanddicken zur Erhöhung der Ausbeute, sondern ganz überraschend auch bei der Temperierung von einfachen Vorformlingen mit beispielsweise linearem und/oder fallendem Wanddickenverlauf. Insbesondere war diese Anwendung dann auch für einfache Vorformlinge von Vorteil, wenn hohe Geschwindigkeiten beim Kühlen angestrebt wurden.

Es konnte weiter gefunden werden, daß nicht nur die Temperaturen des herabgekühlten Vorformlings von den Temperaturen der eingestellten Temperierflüssigkeiten der einzelnen Zonen verständlicherweise abhängig sind, sondern überraschenderweise auch in Abhängigkeit zur Kühlzeit stehen. Eine eindrucksvolle Demonstration dieser Zusammenhänge gibt das Beispiel 6 mit der angeführten Tabelle wieder.

Aber auch bei der Anwendung schon eines einzigen Kühlmediumskanals bereits bei entsprechender Auslegung der Kühlform des am Vorformling entstehende Temperaturprogramme in Abhängigkeit von der Kühlzeit sehr stark beeinflußt werden und damit im Zusammenhang die Ausbeute an einwandfrei ausgeförmten Hohlkörpern.

Ein gewisser Einfluß auf die Temperaturverteilung des bereits temperierten Vorformlings kann zusätzlich noch ausgeübt werden durch Verweilenlassen des temperierten Vorformlings auf dem Weg zwischen Spritzform und Blasform nach dem Entformen.

Dieser Effekt kann noch verstärkt werden durch zusätzliche und eventuell gezielte Anwendung von Kühl- oder Meizmedien, beispielsweise durch Anblasen mit kalter oder temperierter Luft an verschiedene Zonen.

Die vorliegende Erfindung, welcher die Forderung nach einem Temperaturgefälle  $\Delta T$  von mindestens 6 bis  $10^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise von mindestens 10 bis  $15^{\circ}\text{C}$  am zu verstreckenden Vorformling zugrundeliegt, unterscheidet sich von den bekannten Verfahren der kontinuierlichen Verstreckung von Folien und Rohren - welche ja, wie oben erläutert, innerhalb sehr enger Temperaturgrenzen von 1 bis wenige  $^{\circ}\text{C}$  verstreckt werden - noch zusätzlich und ganz wesentlich dadurch, daß der erfindungsgemäß geforderte Temperaturbereich  $\Delta T$  am zu verstreckenden Vorformling von über 6 bis  $10^{\circ}\text{C}$  bzw. 10 bis  $15^{\circ}\text{C}$  ja noch innerhalb des thermoelastischen Temperaturbereiches des zu verstreckenden Kunststoffes untergebracht werden muß, wenn Brüche der Vorformlinge beim biaxialen Verstrecken vermieden werden sollen.

Da jedoch im allgemeinen die zur Verfügung stehenden thermoelastischen Temperaturbereiche bei den in Frage kommenden Kunststoffen relativ eng sind und sehr oft den für die Verstreckung des Vorformlings geforderten Wert  $\Delta T$  nicht oder nur sehr knapp überschreiten, ist es zur erfolgreichen Anwendung und Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens notwendig, eine sogenannte arithmetische mittlere Temperatur  $T_a$  des Vorformlings ganz genau zu kennen und einzuhalten, bei welcher sich dieser optimal verstrecken läßt. Diese sogenannte arithmetische mittlere Temperatur  $T_a$  ist also die Temperatur, welche als arithmetisches Mittel aus den Temperaturen am zu verstreckenden Vorformling errechnet werden kann, wenn bei den Ausformungen 100%ige Ausbeuten erhalten werden.

SAD ORIGINAL

109837/1130

Bei Polystyrol, einem Kunststoff mit relativ weitem thermoelastischem Bereich, wurde bei gegebener Geometrie des Vorformlings eine arithmetische mittlere Temperatur von ca.  $120^{\circ}\text{C}$  gefunden. Abweichungen von  $\pm 5$  bis  $10^{\circ}\text{C}$  von diesem Wert hatten bereits starke Reduzierungen der Ausbeuten an einwandfreien Ausformungen zu Folge (s. Diagramm 3).

Bei anderen Kunststoffen, insbesondere bei teilkristallinen und kristallinen Kunststoffen, sind diese Toleranzen noch geringer und erreichen Werte von  $\pm$  wenigen  $^{\circ}\text{C}$ .

Zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens hat sich eine Kühlform bewährt, die auf Grund ihrer geometrischen und technischen Auslegung in der Lage ist, den plastischen Vorformling nach seiner Herstellung durch Pressen, Gießen oder Spritzen so abzukühlen, daß der Vorformling nach Anwendung relativ kurzer Kühlzeiten mit maximal hohen Ausbeuten verstreckt werden kann.

Die Kühlform, welche gleichzeitig die Herstellungsform des plastischen Vorformlings darstellen kann, kann sowohl als Einkammerkühlform als auch als Zweikammerkühlform oder als Mehrkammerkühlform ausgelegt sein.

Im allgemeinen kann die Kühlform identisch sein mit einer Spritzgußform, wobei diese Spritzgußform zwei Funktionen zu erfüllen hat:

1. Die Formung der plastischen Masse nach dem Spritzvorgang zum geometrisch definierten plastischen Vorformling
2. die Einstellung eines Temperaturgefälles oder Temperaturprogramms am Vorformling entsprechend der Erfindung.

Bei einfachen und besonders bei linearen Geometrien der Vorformlinge kann in vielen Fällen eine Einkammerkühlform genügen, welche mit einer Kühlflüssigkeit konstanter Temperatur beschickt wird. Um dabei das erfindungsgemäße Temperaturgefälle  $\Delta T$  entlang des Vorformlings zu erhalten, kann die Geometrie der Kühlform entsprechend ausgelegt sein, beispielsweise durch Kühlbohrungen verschiedener Querschnitte, durch unterschiedliche Abstände zwischen Kühlbohrungen und Innenflächen der Kühlform. Es ist auch möglich, für die einzelnen Bereiche der Kühlform Materialien mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten zu verwenden.

An Hand der Abbildungen 1, 3 und 4 werden einige erfindungsgemäße Vorrichtungsbeispiele zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert.

In Abb. 2 wird eine Spritzform 1, bestehend aus Spritzform und Spritzdorn 2, dargestellt. Spritzform und Spritzdorn sind zur Herstellung eines kernprogressiven Vorformlings 3 mit zum Boden linear zunehmender Wanddicke entsprechend ausgelegt.

Die Spritzform 1 ist in 3 Zonen I, II und III unterteilt, kühl- und temperierbar. In der vorliegenden Abb. 2 sind die 3 Zonen mit Kühlbohrungen unterschiedlicher Geometrie und unterschiedlichen Querschnitten dargestellt. Sie können somit zur Erzeugung unterschiedlicher und beliebiger Temperaturen am Vorformling 3 sowohl mit Kühlmitteln unterschiedlicher als auch gleicher Temperatur beschickt werden.

Im einfachsten Falle können auch die Querschnitte der Kühlbohrungen gleich sein und ebenfalls nur mit einer einzigen Kühlflüssigkeit beschickt werden.

Nach der gewünschten Temperatureinstellung am Vorformling 3 kann dieser zur Druckdose 4 aufgeblasen und ausgeformt werden.

Der Spritzdorn 2 der Vorrichtung ist ebenfalls mittels Kühlflüssigkeiten temperierbar. Seine entsprechende Auslegung hierfür ist in Abb. 2 nicht dargestellt.

**Abb. 3 stellt schematisch eine Spritzkühlvorrichtung 5 dar zur Herstellung und Temperierung eines Vorformlings 6 mit unstetem Wanddickenverlauf. Zur Vorrichtung gehört auch der Spritzdorn 7, welcher ebenfalls kühl- bzw. temperierbar ist.**

**Zur spezifischen Kühlung und Temperierung des gespritzten Vorformlings enthält die Spritzform 5 entsprechend den einzelnen Zonen des Vorformlings 6 mit unterschiedlichen Wanddicken eine Unterteilung in die Zonen I bis IV. Die einzelnen Kühl- bzw. Temperierkapazitäten der Zonen I bis IV sind wiederum durch unterschiedliche Querschnitte der Kühlkanäle angedeutet.**

**Nach Einstellung der gewünschten Temperaturen am Vorformling 6 kann dieser zur Flasche 8 ausgeformt werden.**

**Es konnte gefunden werden, daß zur Erzielung der gewünschten Temperatureinstellung am Vorformling die Kühlkammern in vorteilhafter Weise mit Kühlmedien unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung und Wärmeleitfähigkeit beschickt werden können.**

**Entsprechende Kühlmedien sind Wasser, Glykol, Glycerin und auch Gemische aus denselben. Medien mit geringer Wärmeleitfähigkeit sind organische und Mineralöle und ebenfalls Gemische aus denselben.**

**Durch Beschicken der einzelnen Kammern mit diesen unterschiedlichen Kühlmedien kann ebenfalls das Temperaturgefälle am zu verstreckenden Vorformling in gezielter Weise beeinflußt werden. Medien mit großem Wärmeleitvermögen ergeben dabei eine "harte" Kühlung, Medien mit niedrigem Wärmeleitvermögen ergeben eine "weiche" Kühlung.**

**Abb. 4 endlich stellt weitere interessante Möglichkeiten dar, Spritzkühlvorrichtungen zur optimalen Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens auszulegen.**

**Die Vorrichtung besteht wiederum aus einer Spritzform 9 und einem Blasdorn 10 zur Herstellung des Vorformlings 11.**

**Zur Erzielung eines gewünschten Temperaturprogramms am gespritzten Vorformling sind wiederum verschiedene Kühlzonen I, II und III vorgesehen.**

**Zur weiteren Erzielung ganz spezifischer Temperatureinstellungen am Vorformling 11 und/oder in den einzelnen Zonen I, II und III können zusätzliche vorrichtungsgemäße Maßnahmen getroffen werden.**

**In Zone I ist dargestellt, daß durch verschieden große Abstände der Kühlbohrungen vom Vorformling 11 das Temperaturgefälle beeinflußt werden kann.**

**In Zone III wird entlang der zunehmenden Wanddicke des Vorformlings 11 eine zunehmende und spezifische Kühlung erzielt durch zunehmende oder unterschiedliche Querschnitte der Kühlbohrungen.**

**Zone II stellt weitere Möglichkeiten der Beeinflussung der Temperaturen am Vorformling 11 schematisch dar.**

**In Zone II a wird die Temperaturübertragung auf den Vorformling 11 kontinuierlich mit seiner Länge ermöglicht, bei Anwendung von Kühlmedien konstanter oder auch ungleicher Temperatur, durch Verwendung von Formenmaterial unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit. Zone II a in Abb. 4 enthält einen keilförmigen Einsatz eines Materials mit abweichender Wärmeleitfähigkeit vom Formenmaterial.**

**In Zone II b der Abb. 4 ist zusätzlich zum Einsatz eines Metallkeils noch der Abstand der Kühlkanäle zum Vorformling variiert.**

**Zur Herstellung von gutleitenden Kühlformen und Teilen von Kühlformen eignen sich insbesondere Legierungen, z. B. solche mit Aluminium.**

Beispiel 1:

Ein becherförmiger Vorformling aus Polystyrol wurde nach dem Spritzgußverfahren hergestellt, verschiedenen Kühlbedingungen unterworfen und nach Erreichen des Recktemperaturbereiches von Polystyrol zu einem becherförmigen Hohlkörper aufgeblasen (s. Abb. 1).

Die Kühlzeiten und Kühlbedingungen wurden so variiert, daß das Temperaturgefälle entlang des Vorformlings eine unterschiedliche Steilheit zeigte bzw. die Temperaturdifferenz  $\Delta T$  der einzelnen Zonen am Vorformling zwischen 0°C und ca. 38°C lagen.

Die im Diagramm 1 der Abb. 1 aufgeführten Temperaturen der verschiedenen Zonen des Vorformlings wurden jeweils nach dem Abkühlen auf Recktemperatur, Entformen aus der Spitzform und unmittelbar vor dem Aufblasen mit Hilfe eines Infrarot-Strahlungsmeßgerätes festgestellt.

Beim Aufblasen wurde festgestellt, daß eine Abhängigkeit vorhanden ist zwischen der Temperaturdifferenz  $\Delta T$  entlang des Vorformlings und der prozentualen Ausbeute an einwandfrei durch Reckung ausgeformten (s. Diagramm 2 in Abb. 1).

Bechern:

Nr.	Vers. Temperatur d. Zonen in °C			Temp. Diff. der Zonen $\Delta T$ (°C)	Ausbeute an einwandfreien Hohlkörpern in %
	I	II	III		
1	120	120	120	0	35
2	119	120	125	6	89
3	117	119	129	12	97
4	115	121	134	19	100
5	110	118	140	30	20
6	109	119	147	38	0

Diagramm und Tabellen zeigen, daß die prozentuale Ausbeute an einwandfreien Hohlkörpern, d.h. an Hohlkörpern ohne Lochbildung und mangelhafte Ausformung, sehr stark abhängig ist von der Größe des wertes  $\Delta T$  am Vorformling während des Verstreckens:

2108774

Optimale Ausbeute, d. h. 100 %ige Ausbeute wird im vorliegenden Beispiel erreicht, wenn  $\Delta T$  im Bereich von ca. 15 bis 20°C liegt.

Weicht der Wert  $\Delta T$  nach unten oder nach oben deutlich ab, so reduziert sich parallel dazu in gleichem Maße die Ausbeute an einwandfreien und ausgeformten Bechern.

Beispiel 2:

Die Versuche des Beispiels 1 wurden wiederholt. Allerdings wurden die Kühlbedingungen und die Kühlzeiten so variiert, daß zwar am Vorformling bei allen Versuchen eine Temperaturdifferenz  $\Delta T$  von ca. 15 bis 20°C erhalten blieb, daß aber die aus den Temperaturen der Zonen I und III arithmetisch errechneten mittleren Temperaturen ( $T_a$ ) sehr verschieden waren:

Vers.	Temp. d. Zonen		Mittlere Temp.	Temp. Diff.	Ausbeuten	Beobachtung
Nr.	in °C	in °C	Ta in °C	$\Delta T$ in °C	in %	b. mangelhaft. Ausformq.
	I	III				
1	94	112	102	18	31	nicht ausgeformt
2	104	123	112	19	83	" "
						in Zone I
3	115	134	121	18	100	--
4	120	140	129	20	97	--
5	133	152	141	19	53	geplatzt in Zone III

Das Beispiel 2 zeigt, daß zur Herstellung der biaxial verstreckten Behälter aus Polystyrol zwar ein Mindesttemperaturgefälle am zu verstreckenden Vorformling zur Erhöhung der Ausbeute Voraussetzung ist, daß aber zusätzlich der Temperaturbereich, in welchem diese biaxiale Ausformung überhaupt möglich ist, sehr eng ist. Bei dem hier vorliegenden unmodifizierten Polystyrol wird bei einer arithmetischen mittleren Temperatur ( $T_a$ ) von ca. 121°C eine optimale Ausbeute erhalten (s. Diagramm 3).

Bei einer Abweichung dieser arithmetischen mittleren Temperatur ( $T_a$ ) von ca.  $\pm 5^\circ\text{C}$  wird bereits eine Reduzierung der Ausbeute durch mangelnde Ausformung und Platzen der Vorformlinge festgestellt.

Beispiel 3:

Die Versuche der Beispiele 1 und 2 wurden wiederholt, wobei eine Reihe von verschiedenen, sowohl amorphen als auch teilkristallinen und kristallinen Kunststoffen zur Anwendung kamen. Als Kunststoffe wurden verarbeitet neben Polystyrol auch PVC, ABS u.a. Polymere, aber auch Polyester, Polyamid, Polyolefine und andere kristalline Polymere.

Es wurde gefunden, daß ganz allgemein erhöhte Ausbeuten an einwandfrei ausgeformten Hohlkörpern erhalten wurden, wenn Temperaturgefälle  $\Delta T$  am zu verstreckenden Vorformling zur Anwendung kamen, welche im allgemeinen 5 bis 10 % des Absolutwertes der zur Anwendung kommenden Recktemperatur in °C betrugen.

Es wurde weiterhin gefunden, daß das Temperaturgefälle  $\Delta T$  bei Vorformlingen aus amorphen Kunststoffen mit dem Grad der Kristallinität im Vorformling abnimmt. Bei amorphen Kunststoffen liegt das optimale Temperaturgefälle bei ca. 10 % der eingestellten Recktemperatur in °C, bei kristallinen Vorformlingen eher bei 5 % der eingestellten Recktemperatur in °C, bei teilkristallinen etwa in der Mitte.

Beispiel 4:

Beispiel 1 wurde unter gleichen Bedingungen wiederholt. Es wurde lediglich der Dickenverlauf des Vorformlings über seine Länge variiert. Es konnte gefunden werden, daß das für die Verstreckung günstige Temperaturgefälle  $\Delta T$  mit zunehmendem Wanddickenunterschied des Vorformlings ebenfalls zunimmt.

Beispiel 5:

Eine Druckdose aus Polyester sollte durch biaxiale Verstreckung hergestellt werden (Abb. 2).

Zunächst wurde durch Verspritzen von Polyester bei ca. 270°C ein konischer Vorformling aus Polyester mit zunehmender Wanddicke hergestellt. Die Spritzform selbst war in drei, voneinander unabhängigen Kühlkammern unterteilt, um sie mit Kühlflüssigkeiten, verschieden

2102774

eingestellter Temperatur, beschicken zu können und um den Vorformling entlang der drei Zonen auf die gewünschten Temperaturen beliebig kühlen zu können (s. Abb. 2).

Nach dem Spritzen des Vorformlings wurde dieser etwa 15 Sek. lang in der Spritzform gekühlt, wobei die drei Kühlkammern der Spritzform, entsprechend den drei Zonen des Vorformlings, mit Wasser folgender Temperaturen beschickt wurden, bei konstanter Temperatur des Spritzdornes:

Zone I : 80°C,

Zone II : 72°C,

Zone III: 62°C.

Nach Ablauf der Kühlzeit wurde der Spritzling aus der Spritzform entformt und in die Blasform überführt.

Unmittelbar vor dem biaxialen Verstrecken des Vorformlings durch Aufblasen bei einem Blasdruck von 8 atü wurde im Bereich der Zone II eine Temperatur von 101°C gemessen. Die Temperatur entsprach in etwa der arithmetischen mittleren Temperatur (Ta) des Vorformlings.

Die Ausbeuten betrugen bei diesem Versuch und unter diesen Bedingungen ca. 100 %.

Bei beliebigen Änderungen der eingestellten Temperaturen der verschiedenen Zonen I, II und III um wenige °C nach oben und/oder nach unten fiel die Ausbeute an einwandfrei ausgeformten Druckbehältern sofort deutlich ab und infolge Lochbildung beim Aufblasen.

#### Beispiel 6:

In Beispiel 6 wird die Herstellung einer biaxial verstreckten Flasche aus Hart-PVC beschrieben für die Aufnahme von kohlensäurehaltigen Getränken.

Die mechanischen Eigenschaften der Flaschen wurden - zusätzlich zur Verstreckung - noch verbessert und ihre geometrische Form, welche als Doppelkugel ausgelegt war (s. Abb. 3). Somit war die Flasche

in zweifacher Hinsicht besonders geeignet, die Drücke der Kohlensäure aufzunehmen.

Zur Herstellung der Flasche wurde wiederum zunächst ein PVC-Vorformling durch Spritzen einer plastischen PVC-Masse in eine Spritzform hergestellt. Die Spritzform war unter Berücksichtigung der späteren Geometrie der Flasche so ausgelegt, daß die Zone II und IV, welche später zur Kugel und damit am weitesten ausgeformt wurden, etwa doppelt so dick waren wie die Wandstelle III zwischen diesen beiden Kugeln. Dadurch wurden Vorformlinge erhalten, welche im Bereich der Kugelzonen eine etwa doppelt so dicke Wand hatten wie zwischen den beiden Kugeln. Der Halsteil der Flasche I bzw. des Vorformlings war in seiner Wanddicke wiederum geringer als die Zone III zwischen den beiden Kugeln (s. die einzelnen Zonen in Abb. 3).

Bei den Versuchen, die erhaltenen Vorformlinge mit maximal möglicher Ausbeute durch biaxiale Verstreckung zur Flasche auszuformen, wurden wiederum verschiedene Temperaturprogramme am Vorformling eingestellt und erprobt.

Schließlich wurde bei folgender Einstellung der Temperaturen der Kühlflüssigkeiten für die einzelnen Zonen eine 100-%ige Ausbeute an einwandfrei ausgeformten Flaschen erhalten:

Zone:	I	II	III	IV
Temp:	500	710	820	700

Bei diesen Kühlbedingungen konnte schon nach einer Kühlzeit von 6 Sek. mit maximaler Ausbeute an Flaschen ausgeformt werden. Wurde die Kühlzeit verkürzt oder verlängert, so wurde erhöhter Ausschuß produziert. Dieser erhöhte Ausschuß konnte dann aber wieder durch erneute Differenzierung des Kühlprogramms für die einzelnen Zonen teilweise reduziert werden.

Im allgemeinen wurde gefunden, daß niedrigere Kühltemperaturen bei gleichzeitig verringelter Kühlzeit nur dann optimale Ausbeuten an Flaschen ergaben, wenn die Kühltemperaturunterschiede  $\Delta T$  zwischen den unterschiedlich dicken Zonen erhöht wurden. Umgekehrt

2103774

stiegen die Kühlzeiten mit kleinen  $\Delta T$ , wenn eine optimale Ausbeute beibehalten werden sollte.

Folgende Messdaten geben Aufschluß:

Vers. Nr.	Temp. (°C) i.d. Zonen				Kühlzeit (Sek)	Ausbeute (%)
	I	II	III	IV		
1	50	71	82	70	6	100
2	50	71	82	70	4	ca. 53
3	50	71	82	70	8	" 82
4	50	65	82	66	4	100
5	50	75	82	75	8	" 97

Gerade diese in der Tabelle aufgezeigten Zusammenhänge geben Aufschluß über die interessanten technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Erfüllung.

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern aus thermoplastischen Kunststoffen durch biaxiale Verstreckung im thermoplastischen Bereich, dadurch gekennzeichnet, daß die thermoplastische Ausformung zum Hohlkörper an einem Vorformling durchgeführt wird, welcher Temperaturunterschiede bzw. ein Temperaturgefälle  $\Delta T$  über seine Länge aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturunterschiede bzw. das Temperaturgefälle 6 bis  $20^{\circ}\text{C}$ , insbesondere 6 bis  $15^{\circ}\text{C}$  und vorzugsweise 10 bis  $15^{\circ}\text{C}$  beträgt..
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturunterschiede bzw. Temperaturgefälle an den zu verstreckenden Vorformlingen bei amorphen Kunststoffen ca.  $10$  bis  $20^{\circ}\text{C}$ , bei teilkristallinen Kunststoffen ca.  $10$  bis  $15^{\circ}\text{C}$  und bei sehr stark kristallinen Kunststoffen ca.  $6$  bis  $10^{\circ}\text{C}$  betragen.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturunterschiede bzw. Temperaturgefälle an den zu verstreckenden Vorformlingen bei amorphen Kunststoffen bei mindestens 10 %, bei teilkristallinen Kunststoffen bei mindestens 7,5% und bei hochkristallinen mindestens 5 % ihrer absoluten im allgemeinen besonders geeigneten Verstrekungstemperatur liegen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturgefälle am zu verstreckenden Vorformling insgesamt vom Boden des Vorformlings zu seiner Mündung abnehmend verläuft.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturgefälle am zu verstreckenden Vorformling linear und parallel zu seiner Länge eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturgefälle am zu verstreckenden Vorformling mit zunehmender Steigung gegen ein Ende des Vorformlings, beispielsweise des Bodens, eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß bei geometrisch einfachen Vorformlingen mit weitgehend linearer Wanddickenzunahme über ihre Länge ein im etwa zum Wanddickenverlauf paralleles Temperaturgefälle mit in etwa gleicher Neigung eingestellt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß bei geometrisch einfachen Vorformlingen mit weitgehend linearer Wanddickenzunahme über ihre Länge ein im etwa zum Wanddickenverlauf paralleles Temperaturgefälle mit in etwa gleicher Neigung eingestellt wird, durch Anwendung eines einzigen Kühlmediums mit konstanter Temperatur, beispielsweise einer einzigen Kühlflüssigkeit konstanter Temperatur.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß bei geometrisch nicht linearen Vorformlingen mit nicht linearer Wanddickenänderung über ihre Länge die in ihrer Dicke unterschiedlichen Zonen mit Kühlmedien unterschiedlicher Temperatur gekühlt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-10, dadurch gekennzeichnet, daß bei geometrisch nicht linearen Vorformlingen mit nicht linearer Wanddickenänderung über ihre Länge die in ihrer Dicke unterschiedlichen Zonen mit Kühlmedien unterschiedlicher Temperatur derart gekühlt werden, daß die Zonen erhöhter Dicke mit Temperiermedien niedriger Temperatur, die Zonen niedriger Dicke mit Temperiermedien erhöhter Temperatur und die Zonen mittlerer Dicke mit Temperiermedien mittlerer Temperatur gekühlt werden.

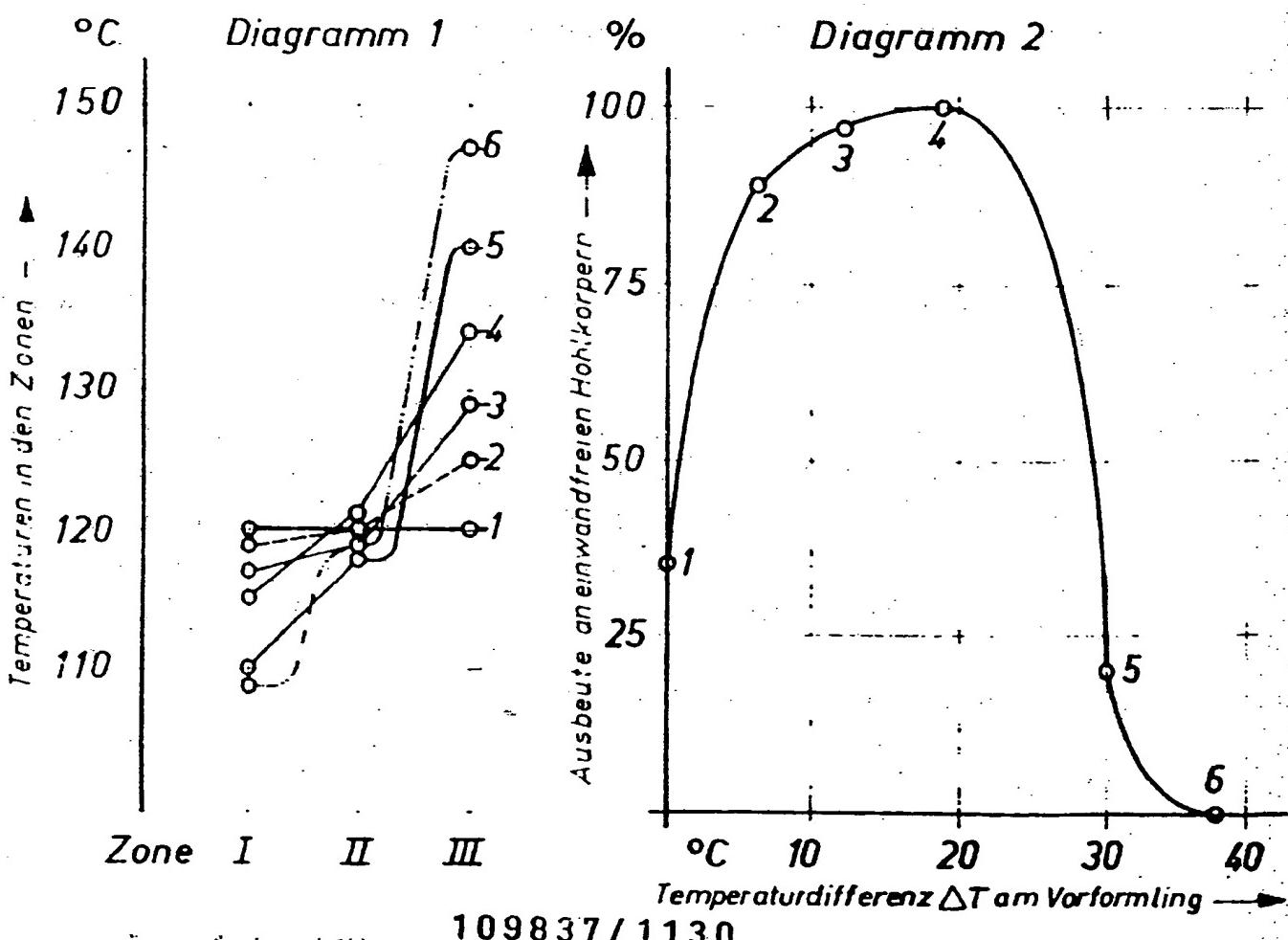
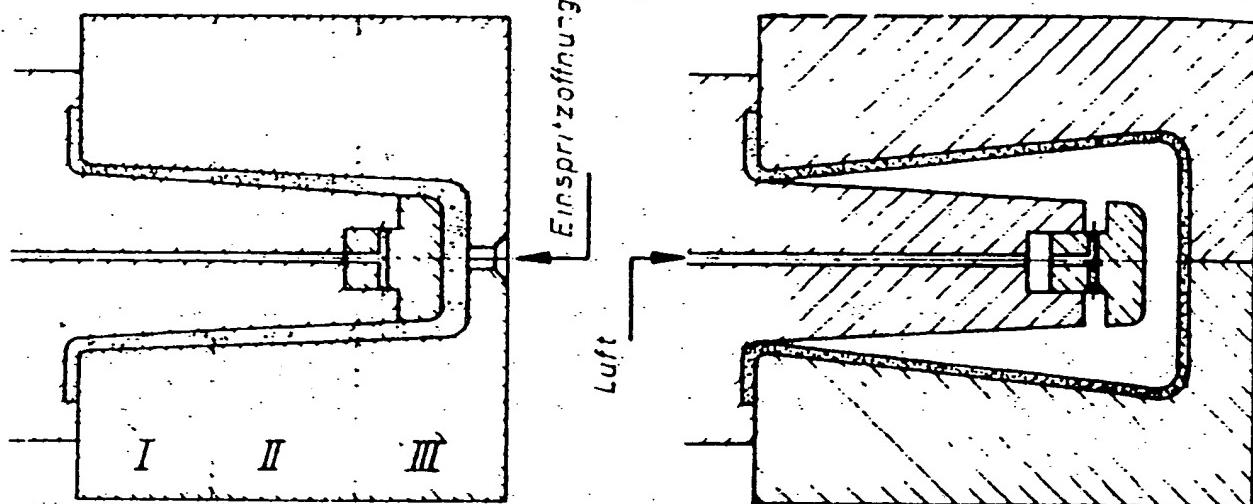
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß bei geometrisch nicht linearen Vorformlingen mit nicht linearer Wanddickenänderung über ihre Länge unterschiedliche Temperierung der in ihrer Dicke unterschiedlichen Zonen Zweier- oder Mehrkammertemperiersystems bzw. Spritzformen mit Zweier- oder Mehrkammerkühlung eingesetzt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß geometrisch und in ihrer Wanddicke weitgehend lineare Vorformlinge mit relativ einfachen geometrischen Formen zur Erzielung hoher Abkühlgeschwindigkeiten und zur raschen Einstellung der am zu verstreckenden Vorformling erwünschten Temperaturcharakteristik, Zonen mit Kühlmedien unterschiedlicher Temperatur gekühlt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß geometrisch und in ihrer Wanddicke weitgehend lineare Vorformlinge mit einfachen geometrischen Formen zur Erzielung hoher Abkühlgeschwindigkeiten und zur raschen Einstellung der am zu verstreckenden Vorformling erwünschten Temperaturcharakteristik, Zonen mit Kühlmedien unterschiedlicher Temperatur gekühlt werden, beispielsweise unter Anwendung einer Spritzform mit Zweier- oder Mehrfachkammerkühlung.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkammern der Spritzformen zur Erzielung unterschiedlicher Temperaturen am Vorformling mit Kühlmitteln unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit bzw. spezifischer Wärme gekühlt werden.
16. Spritzwerkzeug zur Durchführung des Verfahren nach einem der Ansprüche 1-15, dadurch gekennzeichnet, daß es beliebig und/oder in verschiedenen Zonen gekühlt bzw. temperiert werden kann.

17. Spritzwerkzeug nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß es entlang seiner Form mit zwei- oder Mehrfachkühlkammern ausgelegt ist, zur Beschickung dieser Kammern mit Kühlmitteln verschiedener Temperatur und zur Erzielung eines gewünschten Temperaturprogramms am Vorformling ausgestattet ist.
18. Spritzwerkzeug nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß es für die Temperierung eines Vorformlings mit weitgehend linearer und konstanter Wanddicke über seine Länge mit nur einer Kühlkammer ausgelegt ist, wobei diese Kühlkammer durch ihre Geometrie, durch die Querschnitte und Abstände der Kühlkanäle und dergleichen zwangsläufig ein Temperaturgefälle entlang des Vorformlings erzeugt, auch bei Anwendung und Beschickung mit nur einem einzigen Kühlmittel.
19. Spritzwerkzeug nach einem der Ansprüche 16-18, dadurch gekennzeichnet, daß für die Temperierung eines Vorformlings mit weitgehend linearer, aber zunehmender Wanddicke über seine Länge, das Spritzwerkzeug mit nur einer Kühlkammer ausgelegt ist, wobei diese Kühlkammer durch ihre Geometrie, durch die Querschnitte und Abstände der Kühlkanäle und dergleichen zwangsläufig ein Temperaturgefälle entlang des Vorformlings erzeugt, auch bei Anwendung und Beschickung mit nur einem Kühlmittel.
20. Spritzwerkzeug nach einem der Ansprüche 16-19, dadurch gekennzeichnet, daß das für die Temperierung des Vorformlings vorgesehene Spritzwerkzeug mit Einfach- oder Mehrfachkühlkammern zur Erzielung von Temperaturunterschieden bzw. Temperaturgefälle zusätzlich ausgelegt ist mit unterschiedlichen Querschnitten der Kühlkanäle, mit unterschiedlichen Abständen zwischen den Kühlkanälen unter sich und bezüglich des Vorformlings und mit Einsätzen aus Metallen und Werkstoffen unterschiedlicher Leitfähigkeit.

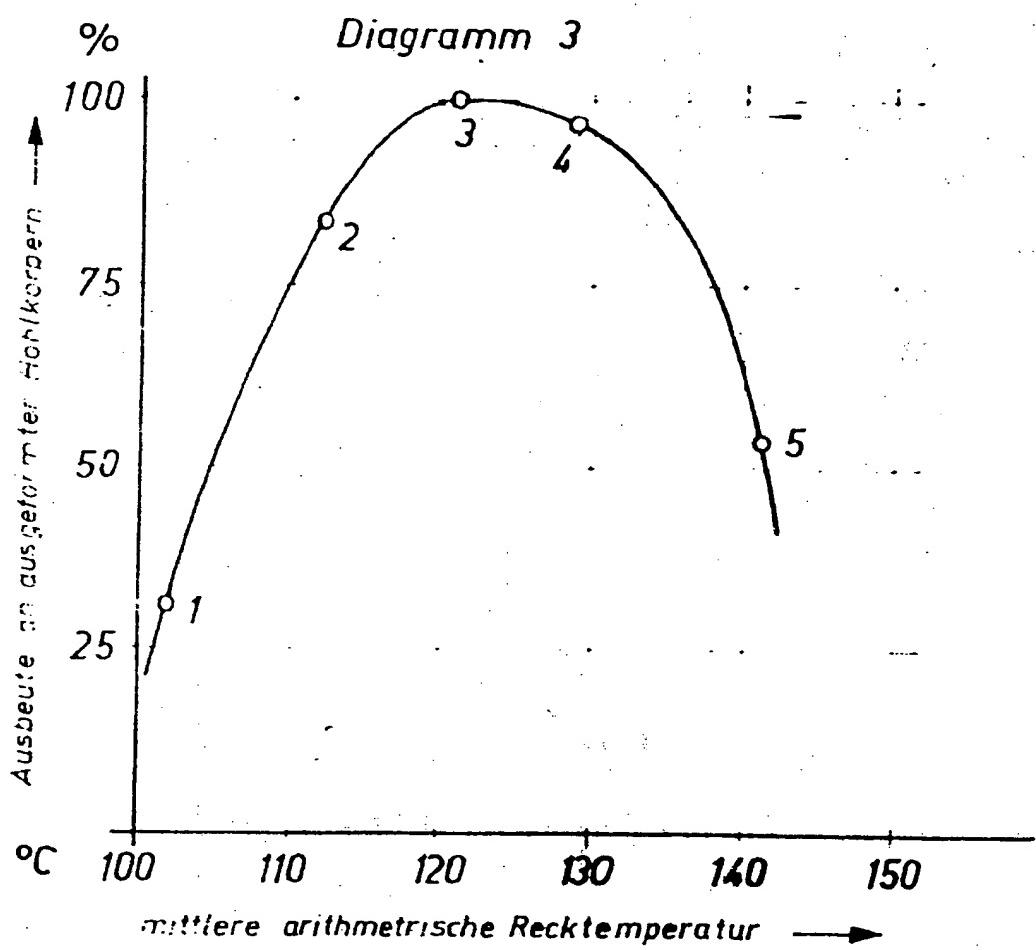
3-1

Abb. 1

2108774 X



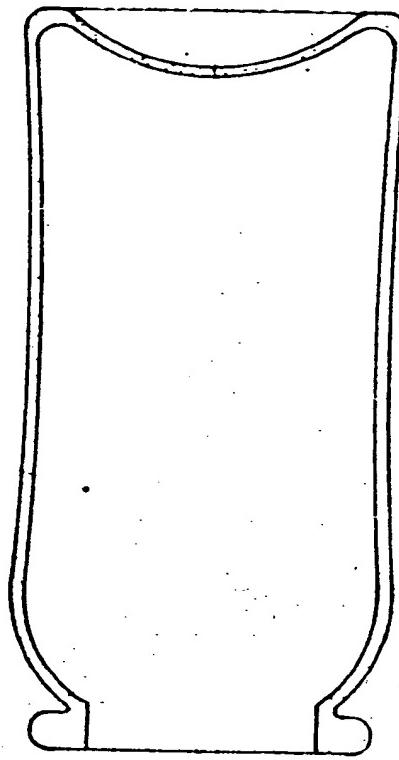
2108774



BAD ORIGINAL

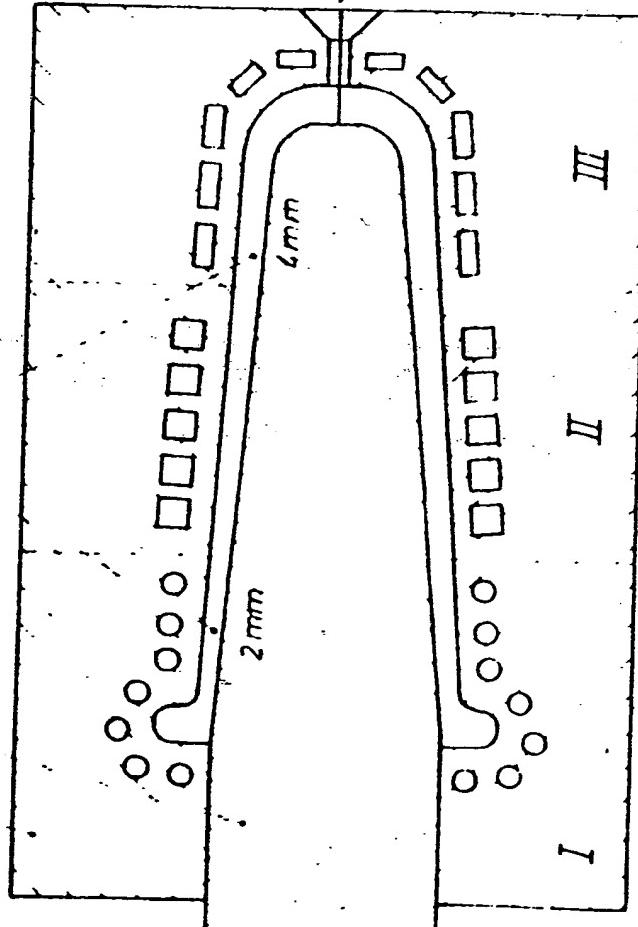
2108774

Abb. 2



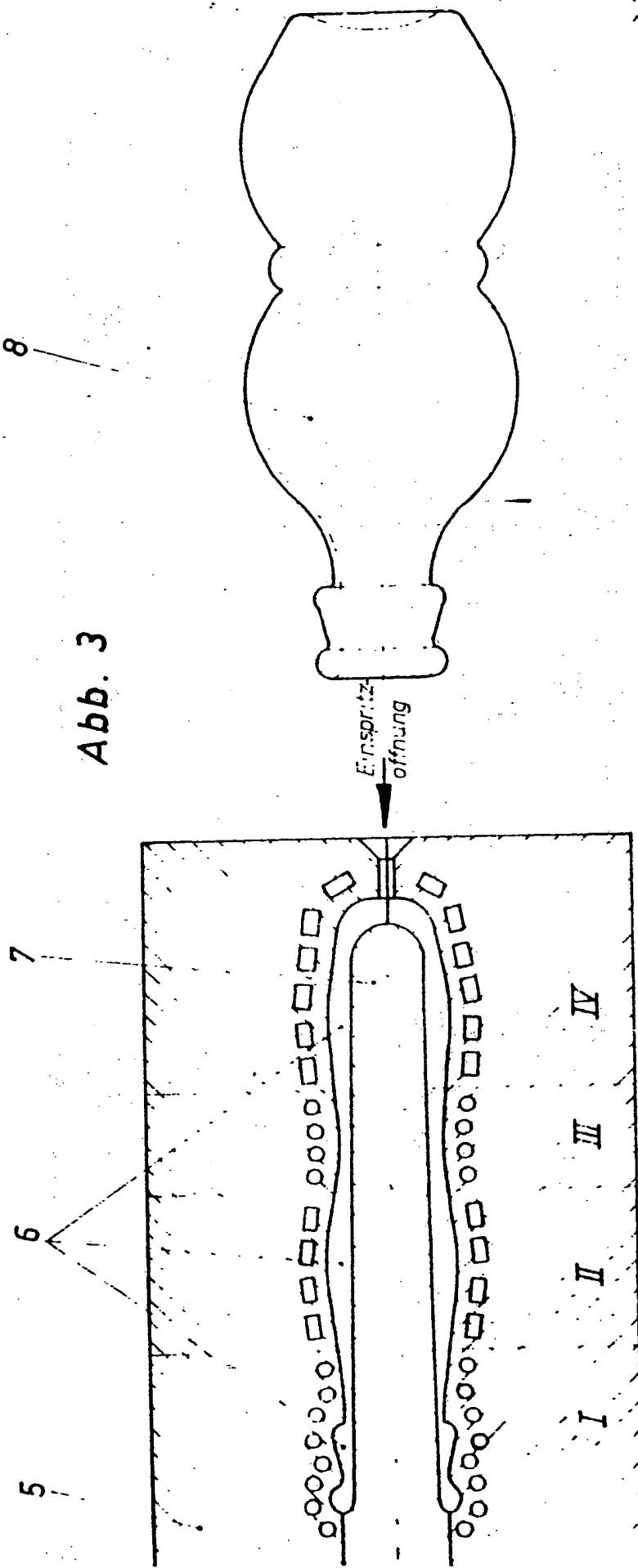
3

1  
2



2108774

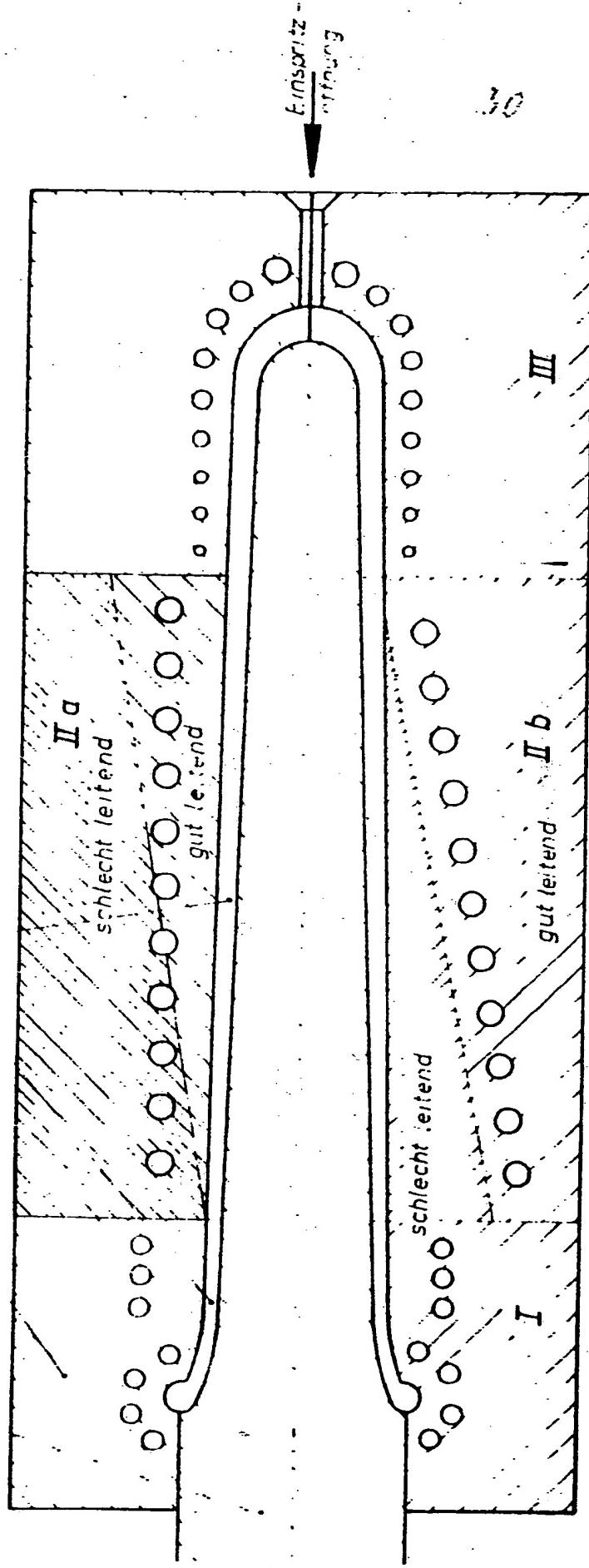
Abb. 3



2108774

10 9 11

Abb. 4

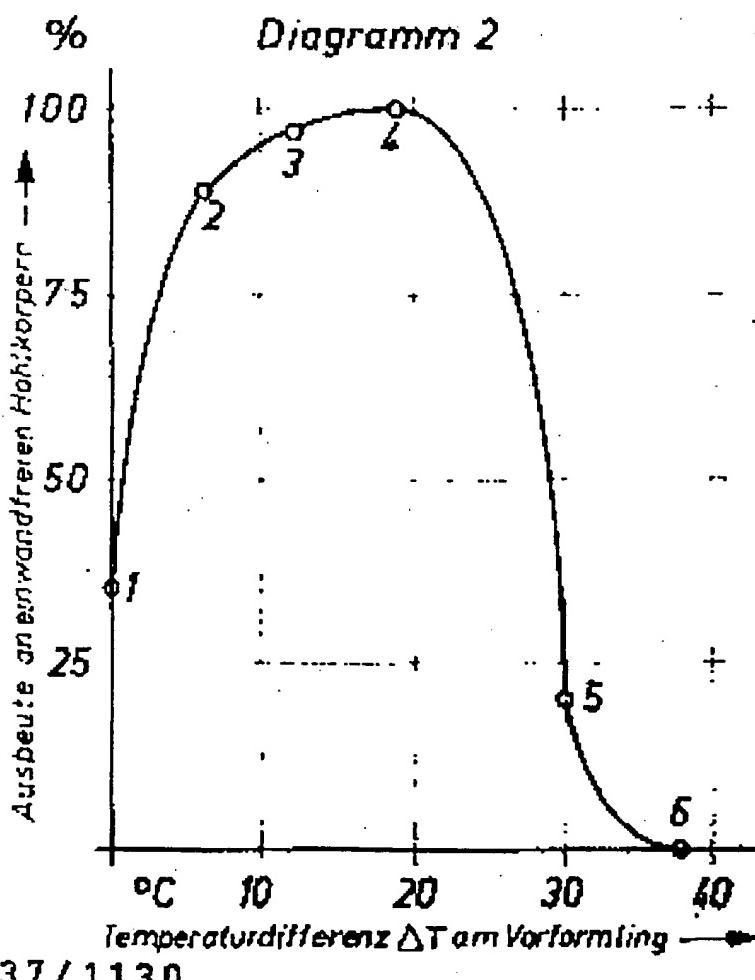
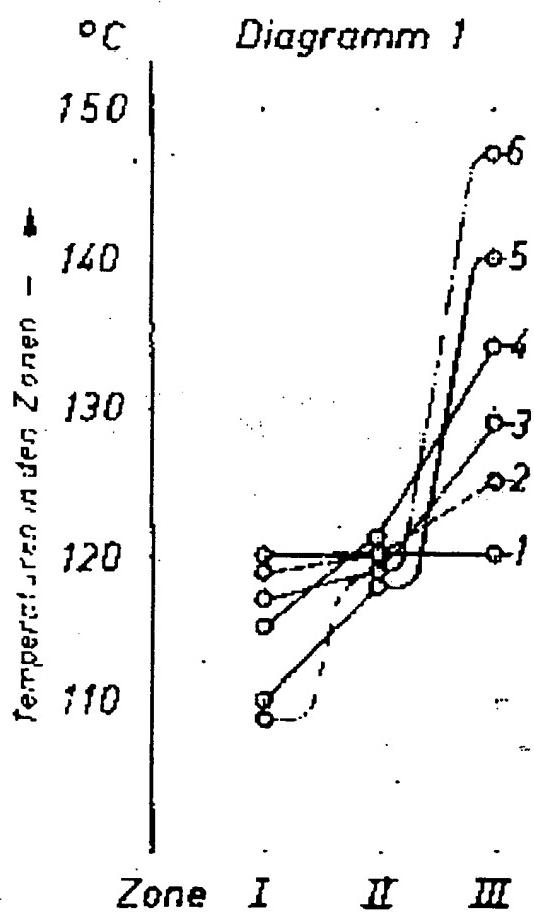
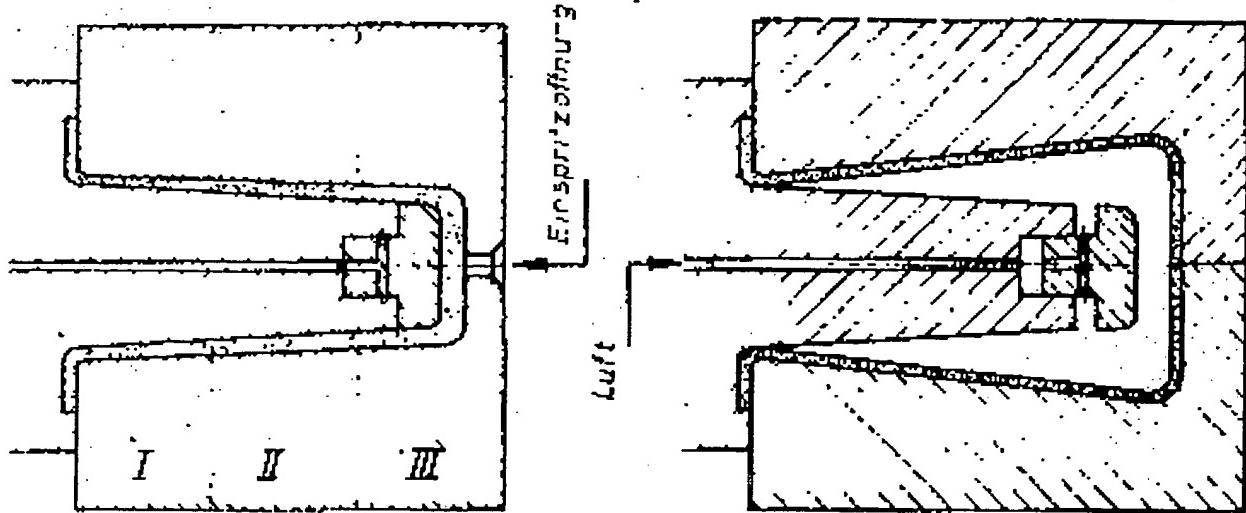


ORIGINAL INSPECTED

34

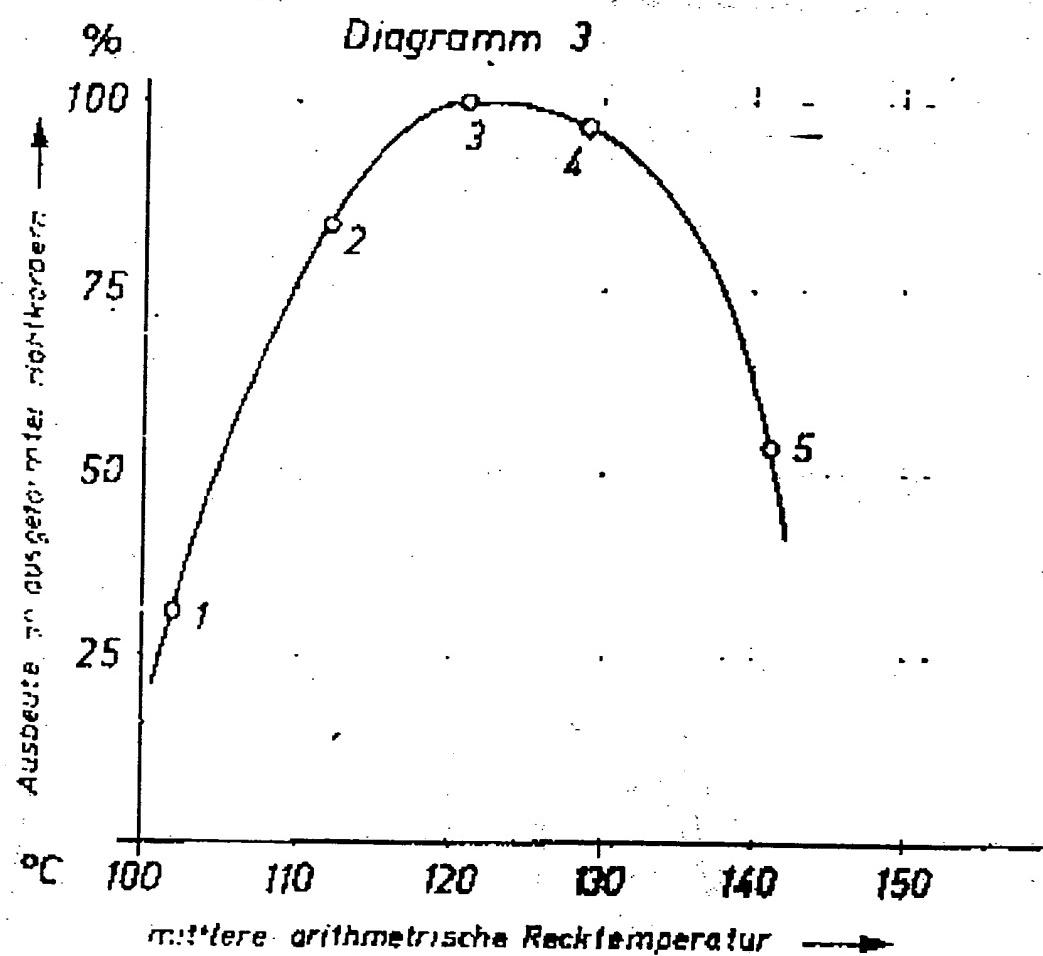
Abb. 1

2108774 X



109837 / 1130

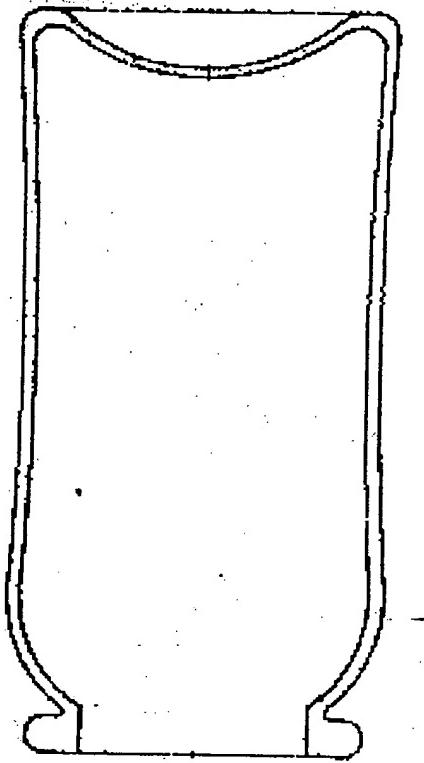
2108774



BAD ORIGINAL

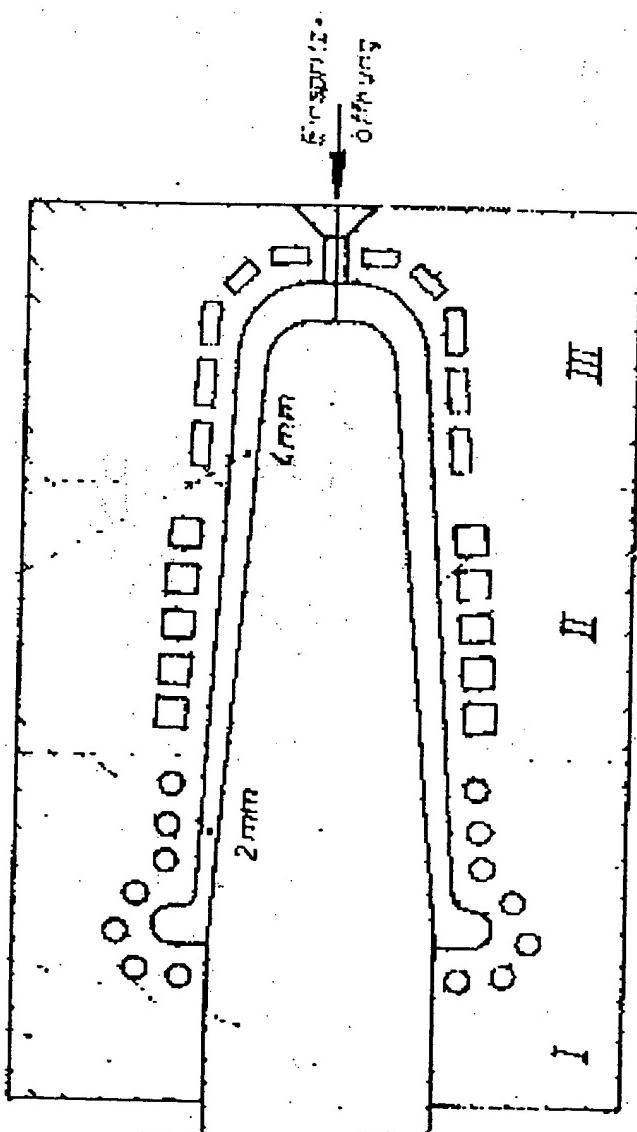
2108774

Abb. 2



1  
2

3



2108774

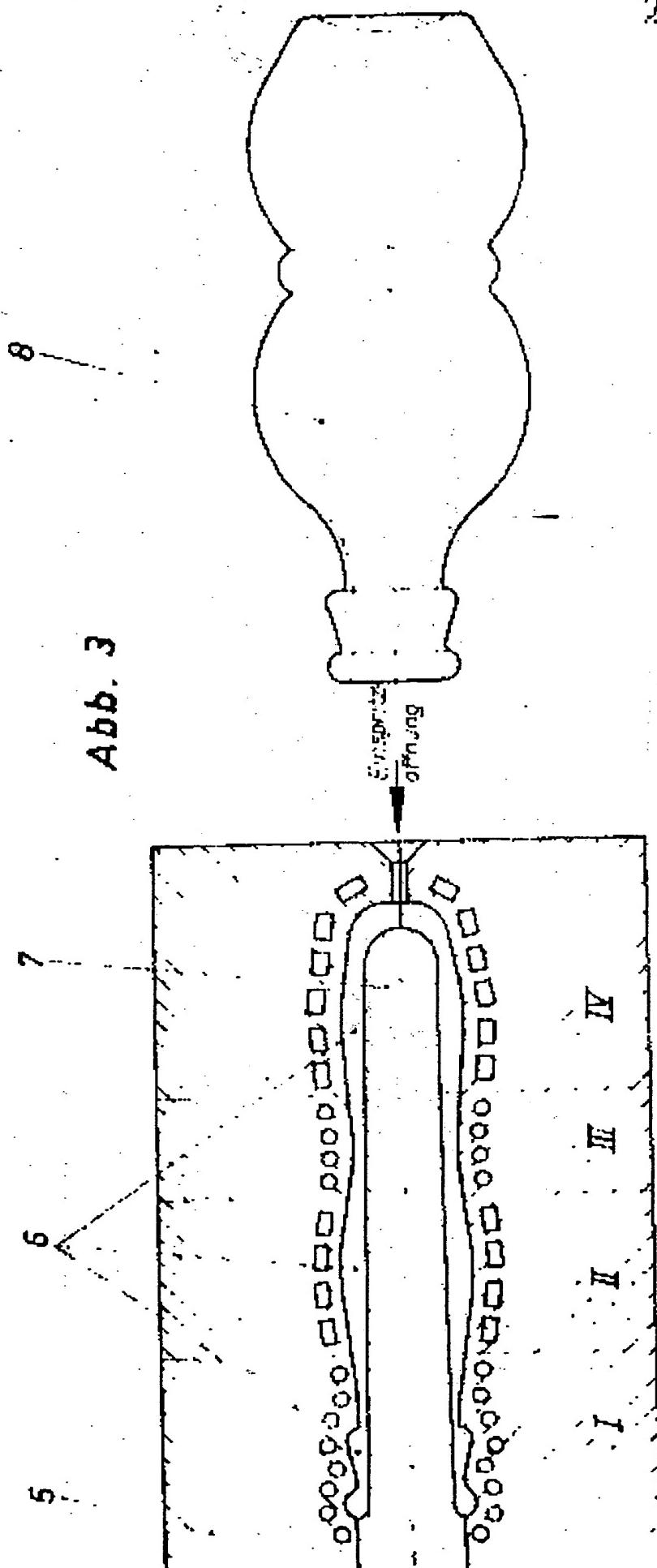
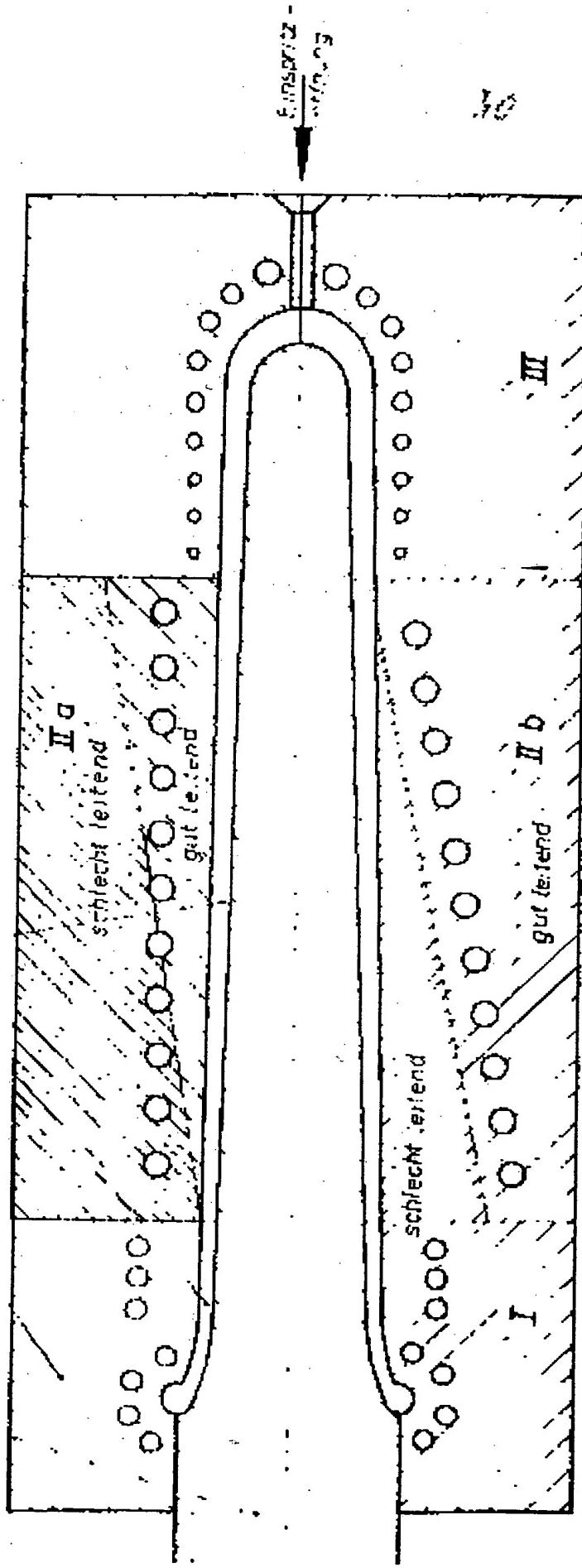


Abb. 3

2108774

10 9 11

Abb. 6



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)